



## Battery discharge characteristics calculation method and remaining battery capacity measuring device

**Patent number:** DE19543874  
**Publication date:** 1996-05-30  
**Inventor:** ICHIKAWA HIROSHI (JP)  
**Applicant:** YAZAKI CORP (JP)  
**Classification:**  
 - international: H01M10/44; G01R31/36  
 - european: H01M10/44, G01R31/36M1  
**Application number:** DE19951043874 19951124  
**Priority number(s):** JP19940291131 19941125

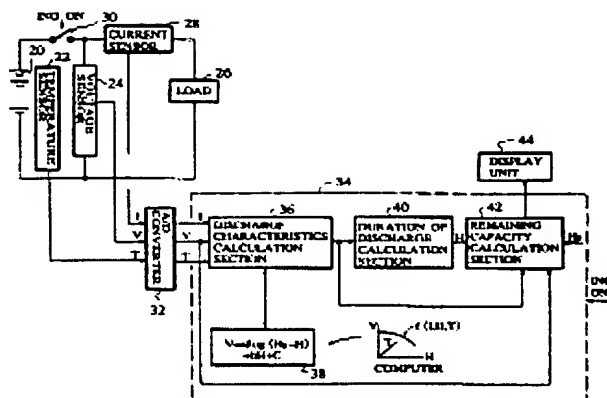
Also published as:

 US5592094 (A1)  
 JP8146105 (A)

**BEST AVAILABLE COPY**

Abstract not available for DE19543874  
 Abstract of correspondent: **US5592094**

A method and a device for determining the battery discharge characteristics and estimating the remaining battery capacity easily by a simple mechanism even if time elapses. A discharge characteristics calculation section reads voltage, current, and temperature from a voltage sensor, a current sensor, and a temperature sensor, respectively, and determines the approximated discharge characteristics at a given time based on a position relationship of the discharge characteristics curved surface function  $V = ax \log(H_0 - H) + bxH + c$  to voltage-temperature-duration of discharge axes. A duration of discharge characteristics calculation section determines the duration of discharge from a fully charged state to the present based on the approximated discharge characteristics. A remaining capacity calculation section determines the remaining capacity based on the approximated discharge characteristics.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 195 43 874 A 1**

⑤⑦ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 M 10/44**  
G 01 R 31/36

DE 195 43 874 A 1

②① Aktenzeichen: 195 43 874.4  
②② Anmeldetag: 24. 11. 95  
④③ Offenlegungstag: 30. 5. 96

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
25.11.94 JP P 6-291131

⑦① Anmelder:  
Yazaki Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Hoffmann, Eitle & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte, 81925 München

⑦② Erfinder:  
Ichikawa, Hiroshi, Susono, Shizuoka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Berechnungsverfahren für die Batterie-Entladecharakteristik und Batterie-Restkapazitätsmessgerät

⑤⑦ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Batterie-Entladungscharakteristik und zur Abschätzung der Batterie-Restkapazität auf einfache Weise durch einen einfachen Mechanismus vorgeschlagen, selbst wenn Zeit vergangen ist. Ein Entladungscharakteristiks-Berechnungsabschnitt liest eine Spannung, einen Strom und eine Temperatur von einem Spannungssensor, einem Stromsensor, bzw. einem Temperatursensor, und bestimmt die approximierten Entladungscharakteristik zu einem bestimmten Zeitpunkt auf der Grundlage einer Positionsbeziehung einer Entladungscharakteristikfunktion mit gekrümmter Oberfläche der Formel  $V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c$  zur Spannungsachse, zur Temperaturachse, und zur Entladungsdauerachse. Ein Entladungsdauercharakteristik-Berechnungsabschnitt bestimmt die Entladungsdauer von einem vollständig geladenen Zustand zum Momentanzustand auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik. Ein Restkapazitäts-Berechnungsabschnitt bestimmt die Restkapazität auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik.

DE 195 43 874 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Berechnung der Entladungscharakteristik einer Batterie sowie ein Meßgerät für die Batterie-Restkapazität, und betrifft insbesondere ein Berechnungsverfahren für die Batterie-Entladecharakteristik, durch welches die Entladecharakteristiken nur durch Abtastung der Spannung, des Stroms und der Temperatur festgestellt werden können, sowie ein Batterie-Restkapazitätsmeßgerät, welches einfach eine Batterie-Restkapazität dadurch feststellen kann, daß die momentanen Entladungscharakteristiken verwendet werden, statt eine Tabelle zu verwenden, die zwei oder mehr Entladungscharakteristiken aufweist.

Im allgemeinen wäre es am besten, die Restkapazität (Restladungskapazität) einer Batterie als das Ergebnis der Subtraktion einer Entladungsmenge, die aus einem Laststrom und einer Klemmenspannung erhalten wird, von der vollaufgeladenen Menge zu erhalten. Im allgemeinen weisen Batterien jedoch Entladecharakteristiken auf, die sich unterscheiden, abhängig von der Änderung einer angeschlossenen Last, von der Umgebungstemperatur, von einer Verschlechterung infolge Alterung, und dergleichen. Daher ist die Restkapazität von Batterien unterschiedlich, abhängig von einer Änderung der Last, der Umgebungstemperatur, einer Verschlechterung infolge Alterung und dergleichen.

Selbst wenn beispielsweise, wie in Fig. 1 gezeigt, die Temperatur auf einem konstanten Wert von 20°C gehalten wird, weisen Batterien unterschiedliche Entladecharakteristiken auf, abhängig davon, ob der die Batterie entladende Strom 10 Ampere, 20 Ampere, ... oder 80 Ampere beträgt. Nimmt man an, daß der Bereich der nutzbaren Spannung zwischen 25 Volt und 20 Volt liegt, so ist die Batterie nicht mehr verwendbar, wenn sie 160 Minuten lang mit einem Entladungsstrom von 10 Ampere betrieben wurde, und ebenfalls nicht, wenn sie 40 Minuten lang mit einem Entladungsstrom von 30 Ampere betrieben wurde. Batterien weisen daher ein unterschiedliches Entladungsverhältnis und daher eine unterschiedliche Restkapazität auf, abhängig von einer Änderung der Belastung.

Insbesondere deswegen, da Elektrofahrzeuge durch Batterien versorgt werden, muß die Restkapazität der Batterie exakt vorhergesagt werden. Das folgende Spannungs- und Strom-Erfassungsverfahren ist allgemein zur Messung der Restkapazität einer Batterie einsetzbar.

Dieses Spannungs- und strommeßverfahren verwendet eine Kurve der Charakteristik, deren Parameter ein Index SOC ist (SOC: State of Charge; Ladungszustand), welcher die Restkapazität der Batterie jeder Entladungscharakteristik aus einer Beziehung zwischen einem Laststrom und einer Klemmenspannung einer in Fig. 1 dargestellten Batterie angibt, und SOC aus den gemessenen Spannungs- und Stromwerten unter Verwendung dieser zwei oder mehr Charakteristikkurven bestimmt. Allerdings erfordert dieses Verfahren die Verwendung einer Datenbank zum Speichern von Daten mehrerer Charakteristikkurven. Beispielsweise die Vorrichtung, die in der japanischen Gebrauchsmusterregistrierungs-Offenlegungsschrift Nr. 4-115084 beschrieben ist, führt die nachstehend angegebenen Operationen durch.

Fig. 2 ist ein Blockschaltbild, welches schematisch ein konventionelles Batterie-Restkapazitätsmeßgerät für Elektrofahrzeuge darstellt. Wie aus Fig. 2 hervorgeht,

messen ein Spannungssensor, ein Stromsensor und ein Temperatursensor die Klemmenspannung einer Batterie für Elektrofahrzeuge, einen durch die Batterie fließenden Laststrom bzw. die Flüssigkeitstemperatur. Diese Sensoren erzeugen Signale, welche die gemessenen Werte anzeigen. Daraufhin verstärkt ein Signalverstärker die Signale, ein Analogfilter entfernt Rauschen vom dem verstärkten Signal, und ein A/D-Wandler wandelt das Signal um, während das Elektrofahrzeug in Betrieb ist.

Die darauffolgenden Moving-Average-Filter 2-1 bis 2-3 sind digitale Exchange-Filter für den Glättungsvorgang. Die Restkapazitätsberechnungs- und Bearbeitungseinheit 3 berechnet die Restkapazität der Batterie bei einer Normaltemperatur von 30°C unter Verwendung der Temperatur- und I-V-Tabellen (Strom-Spannungs-Tabellen), und einer Interpolationsformel. Aus dem Wert der Restkapazität oder Restladekapazität berechnen eine Mittelwertbearbeitungseinheit 4, eine Moving-Average-Bearbeitungseinheit 5, und eine Mittelwertbearbeitungseinheit 6 die Restkapazität (Restladekapazität) bei der momentanen Flüssigkeitstemperatur erneut entsprechend der Umwandlungsformel. Das Ergebnis der Berechnung wird erneut geglättet und dann alle 10 Minuten auf einer LED-Anzeigeeinheit 7 als ein Graph und als ein Wert dargestellt, welcher die Restkapazität der Batterie angibt.

Darüber hinaus zählt ein Geschwindigkeitsimpulszähler 8 Geschwindigkeitsimpulse zur Ermittlung einer Fahrentfernung, und eine Fahrentfernungsberechnungseinheit 9 empfängt ein Signal, welches die Restkapazität anzeigt, von der Mittelwertbearbeitungseinheit 6, um die Entfernung zu bestimmen, die noch zurückgelegt werden kann, aus der ermittelten Fahrentfernung und der Restkapazität.

Allerdings können sich die Spannung und der Strom entsprechend einer Änderung der Last oder Belastung abrupt ändern. Beispielsweise wird bei Elektrofahrzeugen die Restkapazität der Batterie mit Hilfe summierter, zurückgewonnener Ströme festgelegt, die erzeugt werden, wenn das Elektrofahrzeug die Geschwindigkeit verringert. Im Falle von Elektrofahrzeugen ändern sich jedoch die Spannung und der Strom abrupt bei einer Änderung der Last.

Falls daher nicht die Spannung, der Strom, und der Zeitpunkt ihrer Erfassung mit hoher Genauigkeit festgelegt werden, können die Entladungscharakteristiken nicht exakt bestimmt werden. Dies ruft das Problem eines komplizierten Betriebsablaufs hervor, da zusätzliche Schritte erforderlich sind, beispielsweise eine Korrektur, um die Genauigkeit zu erhöhen.

Darüber hinaus wäre es am besten, die Restkapazität der Batterie als Ergebnis der Subtraktion der Entladungsmenge, die aus dem Laststrom und der Klemmenspannung erhalten wird, von der einer vollständigen Aufladung entsprechenden Menge zu erhalten, unter der Annahme, daß ein Elektrofahrzeug immer von einem vollständig aufgeladenen Zustand aus startet. In der Praxis kann es jedoch auftreten, daß das Elektrofahrzeug nicht vollständig aufgeladen startet. Selbst wenn es vollständig aufgeladen war, kann das Elektrofahrzeug einen längeren Zeitraum lang unbenutzt still gestanden haben.

Genauer gesagt kann die Entladungsdauer von einem vollständig aufgeladenen Zustand zum momentanen Zustand nicht vorhergesagt werden. Dies bedeutet, daß eine Berechnung der Restkapazität ausgehend von der vollständig aufgeladenen Menge nur durch verschiede-

ne Entladungscharakteristiken erzielt werden kann, die auf der Grundlage der Dauer der Entladung, der Temperatur, und einer gemessenen Spannung geschätzt wurden. Daher sollten die Entladungscharakteristiken für verschiedene Fälle vorher beispielsweise in einer Datenbank für die Berechnung gespeichert werden, wodurch in der Hinsicht Schwierigkeiten entstehen, daß eine vergrößerte Speicherkapazität und mehr komplizierte Operationen erforderlich werden.

Die in der japanischen Gebrauchsmusterregistrierungs-Offenlegungsschrift Nr. 4-115084 beschriebene Vorrichtung verwendet ein Verfahren, bei welchem die Spannung, der Strom und die Temperatur erfaßt werden, um die Restkapazität abzuschätzen. Allerdings verläßt sich dieses Verfahren auf die Berechnung der Restkapazität der Batterie bei einer Normaltemperatur von 30°C unter Verwendung der Temperaturkorrektur- und I-V-Tabellen, und auf eine Interpolationsformel in der Bearbeitungseinheit zur Abschätzung der Restkapazität bei der momentanen Flüssigkeitstemperatur erneut entsprechend der Umwandlungsformel. Es besteht daher in der Hinsicht eine Schwierigkeit, daß die Operation zur Ermittlung der Restkapazität kompliziert ist, und hohe Anforderungen an die Datenspeichervorrichtung, insbesondere deren Kapazität, gestellt werden.

Die vorliegende Erfindung wurde zur Überwindung der voranstehend geschilderten Schwierigkeiten entwickelt, und zielt darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, durch welche einfach die Entladungscharakteristiken einer Batterie bestimmt werden können, und deren Restkapazität durch einen einfachen Mechanismus bestimmt werden kann, selbst im Verlauf der Zeit.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsverfahren zur Verfügung gestellt, welches unter Verwendung einer Meßeinheit arbeitet, die durch einen Spannungssensor zur Verwendung bei der Erfassung der Klemmenspannung der an eine Last angeschlossenen Batterie gebildet wird, durch einen Stromsensor zur Verwendung bei der Erfassung eines durch die Last fließenden Stroms, und durch einen Temperatursensor zur Verwendung bei der Erfassung der Temperatur der Batterie, um approximierte Entladungscharakteristiken der Batterie auf der Grundlage der gemessenen Spannung, des gemessenen Stroms und der gemessenen Temperatur zu bestimmen, mit folgenden Schritten: Lesen von Signalen, die von der Meßeinheit geliefert werden, wobei die Signale die Spannung, den Strom, und die Temperatur der Batterie anzeigen, die sich bei einer Änderung der Last ändern; und Approximieren der Entladungscharakteristik entsprechend der Änderung der Last an einer Funktion mit gekrümmter Oberfläche, die auf einer Spannungsachse, einer Temperaturachse und einer Entladungsdauerachse erzeugt wird, und Einsetzen des erfaßten Stroms und der Temperatur in die entsprechenden Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche, um die approximierte Entladungscharakteristik bei der vorgegebenen Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse zu bestimmen.

Gemäß einer weiteren Zielrichtung der vorliegenden Erfindung wird ein Batterie-Restkapazitätsmeßgerät zur Verfügung gestellt, welches aufweist: eine Meßeinheit, die einen Spannungssensor zur Verwendung bei der Erfassung der Klemmenspannung der an eine Last angeschlossenen Batterie aufweist, einen Stromsensor zur Verwendung bei der Erfassung eines durch die Last fließenden Stroms, und einen Temperatursensor zur

Verwendung bei der Erfassung der Temperatur der Batterie; eine Entladungscharakteristik-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung bei der Approximation der Entladungscharakteristik, welche entsprechend der Änderung der Last variiert, an einer Funktion mit gekrümmter Oberfläche, die eine Spannungsachse, eine Temperaturachse, und eine Entladungsdauerachse aufweist, und zur Verwendung beim Einsetzen des erfaßten Stroms und der erfaßten Temperatur als die entsprechenden Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche, um die approximierte Entladungscharakteristik bei der vorgegebenen Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse zu bestimmen; eine Entladungscharakteristik-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung bei der Bestimmung der Entladungsdauer aus einem vollständig geladenen Zustand bis zum vorliegenden Zustand auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik; und eine Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung bei der Bestimmung der Restkapazität der Batterie, wenn die Spannung erfaßt wird, aus der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang bis zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik und der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform liegt die Funktion mit gekrümmter Oberfläche in folgender Form vor:

$$V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c$$

Hierbei bezeichnet V die Spannung, a eine sich krummlinig (nichtliniar) ändernde Koeffizientenfunktion auf der Spannungsachse, der Temperaturachse, und der Entladungsdauerachse,  $H_0$  eine Gesamtdauerfunktion der Entladung auf der Temperaturachse, der Entladestromachse und der Spannungsachse entsprechend unterschiedlichen Batteriearten, H die Entladungsdauer entsprechend der erfaßten Temperatur und des erfaßten Entladungsstroms, b eine Korrekturkoeffizientenfunktion der Entladungsdauer H, die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert, und c eine Korrekturkoeffizientenfunktion der Anfangsspannung, die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform berücksichtigt die Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung ein Verhältnis der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer und der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik als Restkapazität.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform berücksichtigt die Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung die Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang bis zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik selbst als Restkapazität.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist eine Anzeigevorrichtung zur Verwendung bei der Anzeige der Restkapazität vorgesehen, welche durch die Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung erhalten wird.

Bei dem Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Spannung, der Strom und die Temperatur entsprechend der Änderung der Last durch den Spannungssensor, den Stromsensor bzw. den Temperatursensor erfaßt. Die erfaßten Werte für die Spannung, den Strom und die Temperatur werden in die entsprechenden Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche eingesetzt, um die approximierte Entladungscha-

rakteristik bei der momentanen Spannungsachse, der momentanen Temperaturachse, und der momentanen Entladungsdauerachse zu bestimmen. Hierdurch kann eine approximierete Entladungscharakteristik auf der Spannungsachse und Entladungsdauerachse bei einer vorgegebenen Temperatur erhalten werden.

Bei dem Batterie-Restkapazitätsmeßgerät gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Spannung, der Strom und die Temperatur durch den Spannungssensor, den Stromsensor bzw. den Temperatursensor erfaßt, abhängig von der Änderung der Last oder Belastung.

Der Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt setzt die erfaßte Spannung, den erfaßten Strom und die erfaßte Temperatur als entsprechende Koeffizienten in die Funktion mit gekrümmter Oberfläche ein, um die approximierete Entladungscharakteristik bei der Temperatur auf den Spannungs/Entladungsachsen sowie die Entladungsdauer entsprechend dem erfaßten Spannungswert als Entladungsdauer von einem vollständig aufgeladenen Zustand zum momentanen Zustand auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik zu bestimmen. Die Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung bestimmt die Restkapazität aus einer Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang bis zum Ende, die entsprechend den Batteriearten vorhergesagt wird, und der Fläche auf der Grundlage der ermittelten Entladungsdauer.

Der Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt speichert die Funktion mit gekrümmter Oberfläche als

$$V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c,$$

und setzt die abgetasteten Temperatur-, Strom-, und Spannungswerte als die entsprechenden Koeffizienten der Funktion ein, um so einfach die approximierete Entladungscharakteristik bei dieser Temperatur durch die Funktion mit gekrümmter Oberfläche und die Entladungsdauer zu bestimmen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 ein Diagramm zur Erläuterung der Entladungscharakteristik einer Batterie;

Fig. 2 ein Blockschaltbild mit einer schematischen Darstellung der Ausbildung eines konventionellen Batterie-Restkapazitätsmeßgeräts für Elektrofahrzeuge;

Fig. 3 ein Blockschaltbild mit einer schematischen Darstellung der Anordnung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4A und 4B Diagramme zur Verwendung bei der Beschreibung des Betriebsablaufs bei der Ausführungsform; und

Fig. 5 ein Diagramm zur Verwendung bei der Bestimmung einer Tendenz der Ausführungsform bei einer Temperatur von 40°C.

Fig. 4 ist ein Blockschaltbild, welches schematisch den Aufbau einer Ausführungsform der Erfindung zeigt. In Fig. 4 bezeichnet das Bezugszeichen 20 eine Batterie. Das Bezugszeichen 22 bezeichnet einen Temperatursensor zur Verwendung bei der Erfassung oder Messung der Temperatur der Batterie 20. Das Bezugszeichen 24 bezeichnet einen Spannungssensor zur Verwendung bei der Erfassung der Spannung der Batterie 20. Das Bezugszeichen 28 bezeichnet einen Stromsensor zur Verwendung bei der Erfassung des Entladungsstroms, der durch eine Last 26 fließt. Das Bezugszeichen 30 bezeichnet einen Schalter, welcher schaltet, wenn ein

Zündschlüssel eingeführt wird.

Das Bezugszeichen 32 bezeichnet einen A/D-Wandler zur Verwendung bei der Erfassung, auf der Grundlage eines Abtastzyklus, der Temperatur, der Spannung und des Stroms von dem Temperatursensor 22, dem Spannungssensor 24, bzw. dem Stromsensor, und zur Umwandlung dieser Werte in Digitalsignale für die Ausgabe.

Das Bezugszeichen 34 bezeichnet einen Computer. Der Computer 34 weist zumindest das nachstehend noch genauer erläuterte Programm auf, und ist so ausgebildet, daß er die Spannung, den Strom und die Temperatur erfaßt, wenn der Zündschlüssel eingeführt wird.

Das Bezugszeichen 36 bezeichnet einen Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt, der die Spannung, den Strom und die Temperatur von dem A/D-Wandler 32 einliest, und diese bei entsprechenden Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche an der momentanen Spannungsachse, der momentanen Temperaturachse und der momentanen Entladungsdauerachse einsetzt, die vorher in einem Speicher (Datenspeicher) 38 gespeichert wurden, der nachstehend noch genauer erläutert wird, um eine approximierete Entladungscharakteristik auf der Spannungsachse und Entladungsdauerachse zu bestimmen.

Der Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt 36 korrigiert weiterhin eine Gesamtdauer der Entladung und einen Anfangswert entsprechend der Art der Batterie 20, auf der Grundlage einer vorbestimmten Korrekturkoeffizientenfunktion.

Das Bezugszeichen 40 bezeichnet einen Entladungsdauer-Berechnungsabschnitt, der eine Entladungsdauer entsprechend dem Spannungswert als eine Entladungsdauer vom vollständig geladenen Zustand zum momentanen Zustand berechnet, auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik, die von dem Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt 36 bestimmt wurde.

Das Bezugszeichen 42 bezeichnet einen Restkapazitäts-Berechnungsabschnitt, welcher eine Fläche während der Gesamtentladungsdauer berechnet, die auf der Grundlage der Art der Batterie 20 vorbestimmt ist, auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik, sowie eine Fläche bis zur Entladungsdauer, die durch die approximierete Entladungscharakteristik festgelegt wird. Er stellt ebenfalls das Verhältnis der beiden Flächen als Restkapazität fest.

Nachstehend erfolgt eine Erläuterung einer wie voranstehend geschildert aufgebauten Restkapazitätsmeßvorrichtung. Die Fig. 4A und 4B zeigen jeweils ein Diagramm zur Verwendung bei der Beschreibung des Betriebsablaufs der Ausführungsform. Beispielsweise bei der Drehung des Zündschalters, wenn das Elektrofahrzeug seinen Betrieb beginnt, werden die Temperatur, die Spannung, und der Strom von dem Temperatursensor 22, dem Spannungssensor 24 bzw. dem Stromsensor 28 durch den A/D-Wandler 32 abgetastet. Der Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt 36 in dem Computer 34 bestimmt eine approximierete Entladungscharakteristik.

Bei dieser approximierten Entladungscharakteristik ändert sich die Charakteristik entsprechend der Temperatur T, der Stunde H, und dem Strom A, wenn im allgemeinen die Spannung ein Eigenschaftswert oder eine Charakteristik ist. Beispielsweise wird, wie in Fig. 4A gezeigt, die Spannung auf dem dreidimensionalen Raum aufgetragen, der durch die Spannungsachse, die Temperaturachse und die Zeitachse aufgespannt

wird. Es wird beispielsweise angenommen, daß der Temperaturbereich von 0°C bis 60°C geht, und dann ergeben sich die gekrümmten Oberflächen der Entladungscharakteristik bei 10 Ampere und 20 Ampere, wenn der Strom 10 Ampere bzw. 20 Ampere beträgt, wie in Fig. 4A gezeigt ist.

Wie aus Fig. 4A hervorgeht, ändert sich jede Entladungscharakteristik, wenn sich die Spannung, die Temperatur und die Zeit (Stunde) ändern.

Wenn daher diese gekrümmten Oberflächen durch eine Funktion  $f(I, H, T)$  mit gekrümmter Oberfläche dargestellt werden, kann dann, wenn ein sich krummlinig (nichtlinear) ändernder Koeffizient  $a$  bestimmt wird, eine approximierte Entladungscharakteristik zu diesem Zeitpunkt aus jedem Abtastwert bestimmt werden, wie in Fig. 4B gezeigt ist.

Bei der vorliegenden Erfindung werden diese Funktionen mit gekrümmter Oberfläche experimentell statistisch bestimmt, und als nachstehend angegebene Formel in einem Datenspeicher 38 gespeichert.

Die Funktion der gekrümmten Oberfläche lautet:

$$f(I, H, T) = V$$

$$= a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet  $V$  die Spannung;  $a$  eine sich krummlinig ändernde Koeffizientenfunktion  $a(I, H, T)$  auf der Spannungsachse, der Temperaturachse, und der Entladungsdauerachse;  $H_0$  eine Gesamtdauerfunktion der Entladung auf der Temperaturachse, der Entladestromachse, und der Spannungsachse entsprechend unterschiedlichen Arten von Batterien,  $H_0(I, H, T)$ ;  $H$  die Entladungsdauer entsprechend der Temperatur und dem Entladestrom;  $b$  eine Korrektorkoeffizientenfunktion der Entladungsdauer  $H$ , die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert,  $b(I, H, T)$ ; und  $c$  eine Korrektorkoeffizientenfunktion der Anfangsspannung, die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert,  $c(I, H, T)$ .

Wie voranstehend erläutert sind diese Koeffizientenfunktionen des Entladungsstroms und der Temperatur.

Dann setzt der Entladungscharakteristik-Berechnungsabschnitt 36 jeden Wert für die Temperatur  $T$ , die Stunde  $H$  und den Strom  $I$ , die für jede Koeffizientenfunktion abgetastet wurden, ein, um jeden Koeffizienten auf jeder Spannungsachse/Entladungsdauerachse zu bestimmen, und bestimmt die approximierte Entladungscharakteristik durch die voranstehend angegebene Funktion  $f(I, H, T)$  mit gekrümmter Oberfläche.

Der Entladungsdauer-Berechnungsabschnitt 40 formt die voranstehend erwähnte Funktion  $f(I, H, T)$  mit gekrümmter Oberfläche um, und bestimmt die Entladungsdauer bis zum momentanen Zeitpunkt.

Dies bedeutet, daß bislang die Dauer der Entladung vom vollständig aufgeladenen Zustand bis zum momentanen Zustand nicht vorhergesagt werden konnte, jedoch gemäß der vorliegenden Erfindung die Entladungsdauer  $H$  einfach durch die voranstehend angegebene Funktion  $f(I, H, T)$  mit gekrümmter Oberfläche bestimmt werden kann, und Fig. 4B zeigt, daß die Entladungsdauer  $H$  durch einen Schnittpunkt der abgetasteten Spannung  $V$  und der approximierten Entladecharakteristik  $f(V, H)$  bestimmt wird.

Der Restkapazitäts-Berechnungsabschnitt 42 bestimmt den Index SOC (Ladungszustand), der die Batterie-Restkapazität angibt, durch Einsetzen der Spannung  $V$ , der Entladungsdauer  $H$  und der Gesamtladungsdauer

in die folgende Formel, und läßt dann die Anzeigeeinheit 44 diesen Wert anzeigen.

$$SOC = \left( 1 - \frac{A \int_0^H V dh}{A \int_0^{H_0} V dh} \right) \times 100 \quad \dots (2)$$

Hierbei bezeichnet  $A$  den Entladestrom.

Genauer gesagt werden gemäß der vorliegenden Erfindung die Spannung, der Strom, und die Temperatur als Probenabtastwerte genommen, und wird wie in Fig. 4 gezeigt die approximierte Entladungscharakteristik  $f(V, H)$ , welche jede Entladungscharakteristik  $f(V, H)$  repräsentiert, bestimmt. Wird beispielsweise angenommen, daß die Temperatur auf einem konstanten Wert von 40°C gehalten wird, so wird die approximierte Entladungscharakteristik auf der Spannungsachse bzw. der Entladungsdauerachse durch die voranstehend genannte Funktion  $f(I, H, T)$  mit gekrümmter Oberfläche automatisch zu "a" in Fig. 5 bestimmt, wenn eine Abtastspannung 11,8 Volt beträgt und der Strom 30 Ampere ist, dagegen zu "b" in Fig. 5, bei einem Wert von 20 Ampere, bzw. zu "c" in Fig. 5, bei 10 Ampere. Ohne Speichern der Entladungscharakteristik kann daher die Entladungscharakteristik auf der Grundlage der vorhandenen Spannung, des vorhandenen Stroms und der vorhandenen Temperatur bestimmt werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Fläche während der Gesamtentladungsdauer  $H_0$  bestimmt auf der Grundlage der Entladungscharakteristik  $f(V, H)$ , und wird eine Fläche bis zu einer Entladungsdauer  $H$  auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik bestimmt. Das Verhältnis dieser beiden Flächen wird als die Restkapazität bestimmt.

Die Entladungsdauer  $H$  ändert sich in Abhängigkeit von unterschiedlichen Batteriearten. Daher wird gemäß der vorliegenden Erfindung weiterhin die approximierte Entladungscharakteristik dazu verwendet, die Entladungsdauer zu korrigieren, und exakt die Restkapazität zu bestimmen, selbst wenn sich die Art der Batterie ändert.

Darüber hinaus ändern sich die Entladungsdauer  $H_0$  und ein Anfangswert, der einen Wert für die vollständige Aufladung darstellt, in Abhängigkeit von dem System. Daher wird die approximierte Entladungscharakteristik dazu verwendet, exakt die Restkapazität zu bestimmen, durch Einstellung einer Konstanten  $C$ , welche die Gesamtdauer der Entladung und den Anfangswert korrigiert.

Bei der konventionellen Vorrichtung muß so gearbeitet werden, daß zwei oder mehr Fälle gespeichert werden, entsprechend der Entladungsdauer, der Temperatur, und der erfaßten Spannung, und zwar in einer Datenbank, wenn die Restkapazität bestimmt werden soll. Andererseits wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Entladungscharakteristik durch die Gleichung (1) bestimmt, und dann die Restkapazität durch die Gleichung (2) bestimmt, ohne daß zwei oder mehr Fälle entsprechend der Entladungsdauer, der Temperatur und der erfaßten Spannung in der Datenbank gespeichert werden müssen, wodurch ein einfacher Betriebsablauf erzielt wird und die Datenspeicherkapazität verringert wird, und gleichzeitig eine schnelle Berechnung ermöglicht wird.



Bei der voranstehenden Ausführungsform wurde die Vorrichtung als Restkapazitätsmeßvorrichtung für Elektrofahrzeuge erläutert, jedoch läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung auch bei Geräten wie einem tragbaren Personalcomputer und dergleichen einsetzen.

Weiterhin wurde bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform erläutert, daß die Restkapazität durch das Flächenverhältnis bestimmt wird, jedoch kann auch der Wert entsprechend der übrigbleibenden Fläche als Restkapazität verwendet werden.

Wie voranstehend geschildert werden gemäß der vorliegenden Erfindung die Spannung, der Strom und die Temperatur abgelesen und als entsprechende Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche eingesetzt, die in dem Koordinatensystem aus Spannungsachse, Temperaturachse und Entladungsdauerachse festgelegt ist, die als die approximierten Entladungscharakteristik entsprechend der Änderung der Last bestimmt wird, um die approximierten Entladungscharakteristik bei dieser Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse zu bestimmen. Ohne Speicherung zweier oder mehrerer Entladungscharakteristiken in einer Tabelle, nur durch Abtastung einer Spannung, eines Stroms und einer Temperatur, wird daher eine approximierten Entladungscharakteristik bei der Temperatur, dem Strom und der Spannung erhalten, und daher kann die Datenspeicherkapazität verringert werden.

Darüber hinaus wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Entladungsdauer von dem vollständig geladenen Zustand zum momentanen Zustand erhalten, auf der Grundlage der voranstehend geschilderten approximierten Entladungscharakteristik, und wird die Restkapazität zu dem Zeitpunkt, wenn eine Spannung gelesen oder erfaßt wird, durch das Verhältnis der Fläche auf der Grundlage der voranstehend erwähnten Entladungsdauer und der Fläche auf der Grundlage der vollständigen Entladungsdauer bestimmt.

Darüber hinaus wird die Funktion mit gekrümmter Oberfläche gespeichert als

$$V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c,$$

und durch Einsetzen der Abtastwerte für die Temperatur, den Strom und die Spannung, wird die approximierten Entladungscharakteristik bei dieser Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse einfach erhalten, wodurch einfach die Entladungsdauer H bestimmt werden kann. Selbst wenn ein Elektrofahrzeug fährt, nachdem es längere Zeit unbenutzt stillgestanden hat, kann daher die Restkapazität exakt bestimmt werden, da die Entladungsdauer von dem vollständig geladenen bis zum momentanen Zustand einfach bestimmt werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, daß zahlreiche Abänderungen und Anpassungen der Erfindung Fachleuten auf diesem Gebiet nach Studium der vorliegenden Anmeldeunterlagen auffallen werden, und daß die beigefügten Patentansprüche derartige offensichtliche Abänderungen und Modifikationen umfassen sollen.

#### Patentansprüche

1. Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsverfahren, bei welchem eine Meßeinheit verwendet wird, die durch einen Spannungssensor zur Verwendung bei der Erfassung der Klemmenspannung der an eine Last angeschlossenen Batterie gebildet

wird, durch einen Stromsensor zur Verwendung bei der Erfassung eines durch die Last fließenden Stroms, und durch einen Temperatursensor zur Verwendung bei der Erfassung der Temperatur der Batterie, um eine approximierten Entladungscharakteristik der Batterie auf der Grundlage der erfaßten Spannung, des erfaßten Stroms und der erfaßten Temperatur zu bestimmen, mit folgenden Schritten:

Lesen von Signalen, welche von der Meßeinheit zugeführt werden, wobei die Signale die Spannung, den Strom und die Temperatur der Batterie anzeigen, die sich bei einer Änderung der Last ändern; und

Approximieren der Entladungscharakteristik entsprechend der Änderung der Last an einer Funktion mit gekrümmter Oberfläche, die auf einer Spannungsachse, einer Temperaturachse und einer Entladungsdauerachse vorgesehen ist, und Einsetzen des erfaßten Stroms und der erfaßten Temperatur als entsprechende Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche, um die approximierten Entladungscharakteristik bei der bestimmten Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse zu bestimmen.

2. Batterie-Entladungscharakteristik-Berechnungsverfahren nach Anspruch 1, bei welchem: die Funktion der gekrümmten Oberfläche gegeben ist durch:

$$V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c,$$

wobei V die Spannung bezeichnet; a eine sich krummlinig ändernde Koeffizientenfunktion auf der Spannungsachse, der Temperaturachse und der Entladungsdauerachse;  $H_0$  eine Gesamtentladungsfunktion der Entladung auf der Temperaturachse, der Entladungsstromachse und der Spannungsachse entsprechend unterschiedlichen Arten von Batterien; H die Entladungsdauer entsprechend der erfaßten Temperatur und dem erfaßten Entladungsstrom; b eine Korrekturkoeffizientenfunktion der Entladungsdauer H, die sich entsprechend der Temperatur und der Dauer der Entladung ändert; und c eine Korrekturkoeffizientenfunktion für die Anfangsspannung, die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert.

3. Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung, gekennzeichnet durch:

eine Meßeinheit, die durch einen Spannungssensor zur Verwendung bei der Erfassung der Klemmenspannung der an eine Last angeschlossenen Batterie gebildet wird, durch einen Stromsensor zur Verwendung bei der Erfassung eines durch die Last fließenden Stroms, und einen Temperatursensor zur Verwendung bei der Erfassung der Temperatur der Batterie;

eine Entladungscharakteristik-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung beim Approximieren der Entladungscharakteristik, die sich in Abhängigkeit von einer Änderung der Last ändert, bei einer Funktion mit gekrümmter Oberfläche, die auf einer Spannungsachse, einer Temperaturachse und einer Entladungsdauerachse vorgesehen ist, und zur Verwendung beim Einsetzen des erfaßten Stroms und der erfaßten Temperatur in entsprechende Koeffizienten der Funktion mit gekrümmter Oberfläche, zur Bestimmung der approximierten Entladungs-

charakteristik bei dieser bestimmten Temperatur auf der Spannungsachse und der Entladungsdauerachse;

eine Entladungscharakteristik-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung bei der Bestimmung der Entladungsdauer von einem vollständig aufgeladenen Zustand bis zum momentanen Zustand auf der Grundlage der approximierten Entladungscharakteristik; und

eine Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung zur Verwendung bei der Bestimmung der Restkapazität der Batterie, wenn die Spannung erfaßt wird, aus der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik und der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer.

4. Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion mit gekrümmter Oberfläche durch folgende Formel gegeben ist:

$$V = a \cdot \log(H_0 - H) + b \cdot H + c,$$

wobei V die Spannung bezeichnet; a eine sich krummlinig ändernde Koeffizientenfunktion auf der Spannungsachse, der Temperaturachse und der Entladungsdauerachse;  $H_0$  eine Gesamtentladungsfunktion der Entladung auf der Temperaturachse, der Entladungsstromachse und der Spannungsachse entsprechend unterschiedlichen Arten von Batterien; H die Entladungsdauer entsprechend der erfaßten Temperatur und dem erfaßten Entladungsstrom; b eine Korrekturkoeffizientenfunktion der Entladungsdauer H, die sich entsprechend der Temperatur und der Dauer der Entladung ändert; und c eine Korrekturkoeffizientenfunktion für die Anfangsspannung, die sich entsprechend der Temperatur und der Entladungsdauer ändert.

5. Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung ein Verhältnis der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer und der Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang bis zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik als die Restkapazität ansieht.

6. Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung die Fläche auf der Grundlage der Entladungsdauer vom Anfang bis zum Ende der approximierten Entladungscharakteristik selbst als die Restkapazität ansieht.

7. Batterie-Restkapazitätsmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzeigevorrichtung zur Verwendung bei der Anzeige der Restkapazität vorgesehen ist, die von der Restkapazitäts-Berechnungsvorrichtung erhalten wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

60

65



**FIG.1**  
STAND DER TECHNIK

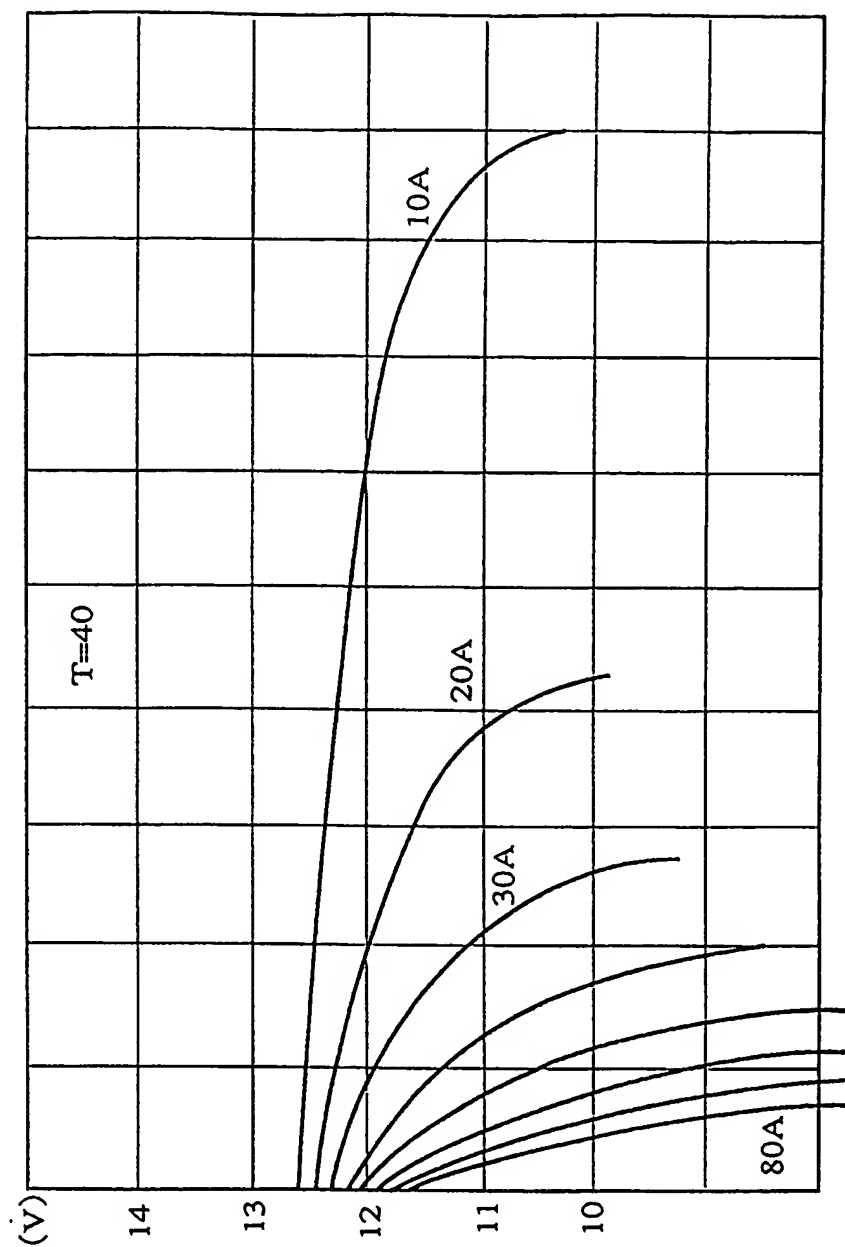
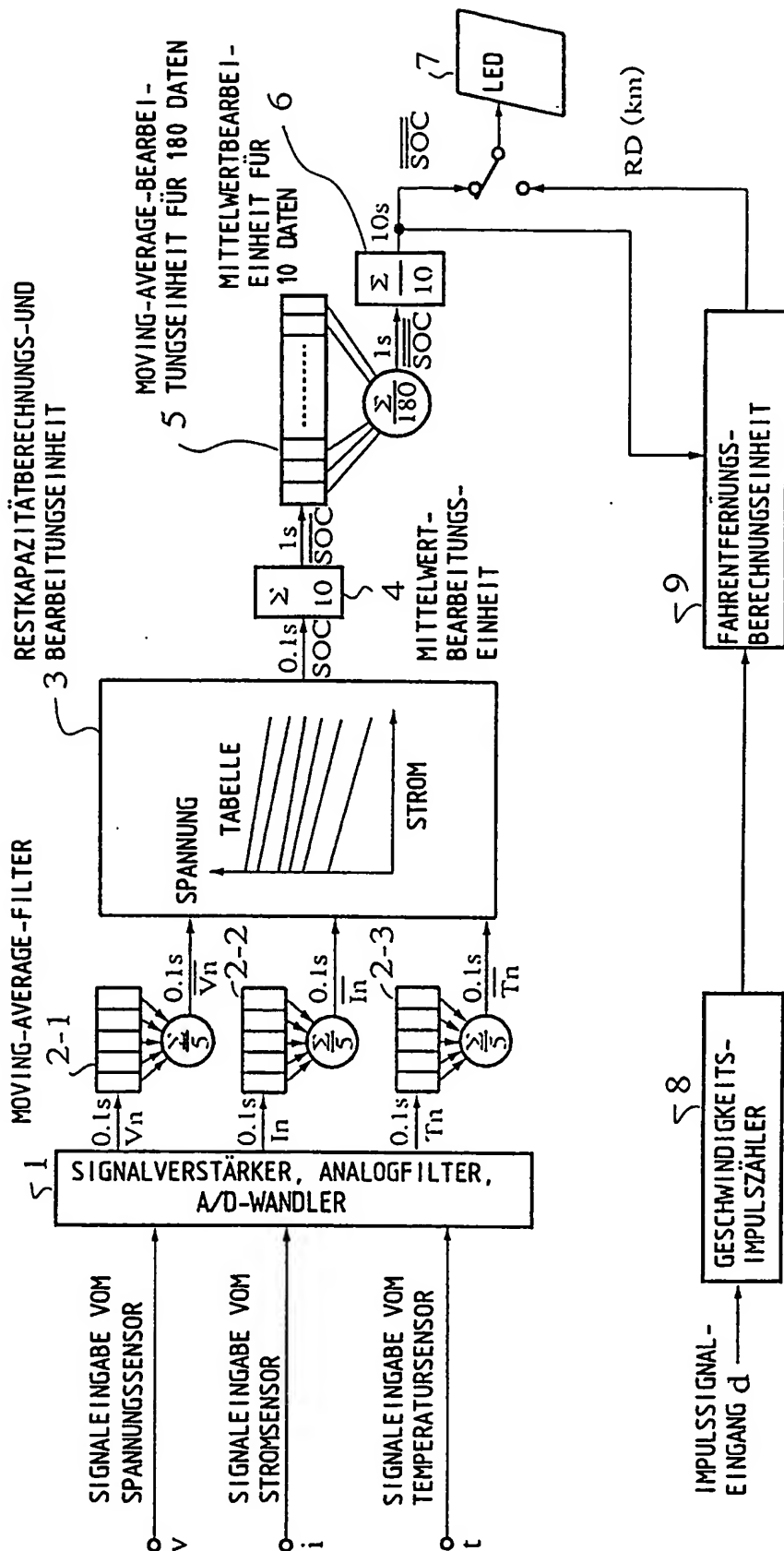


FIG.2

STAND DER TECHNIK



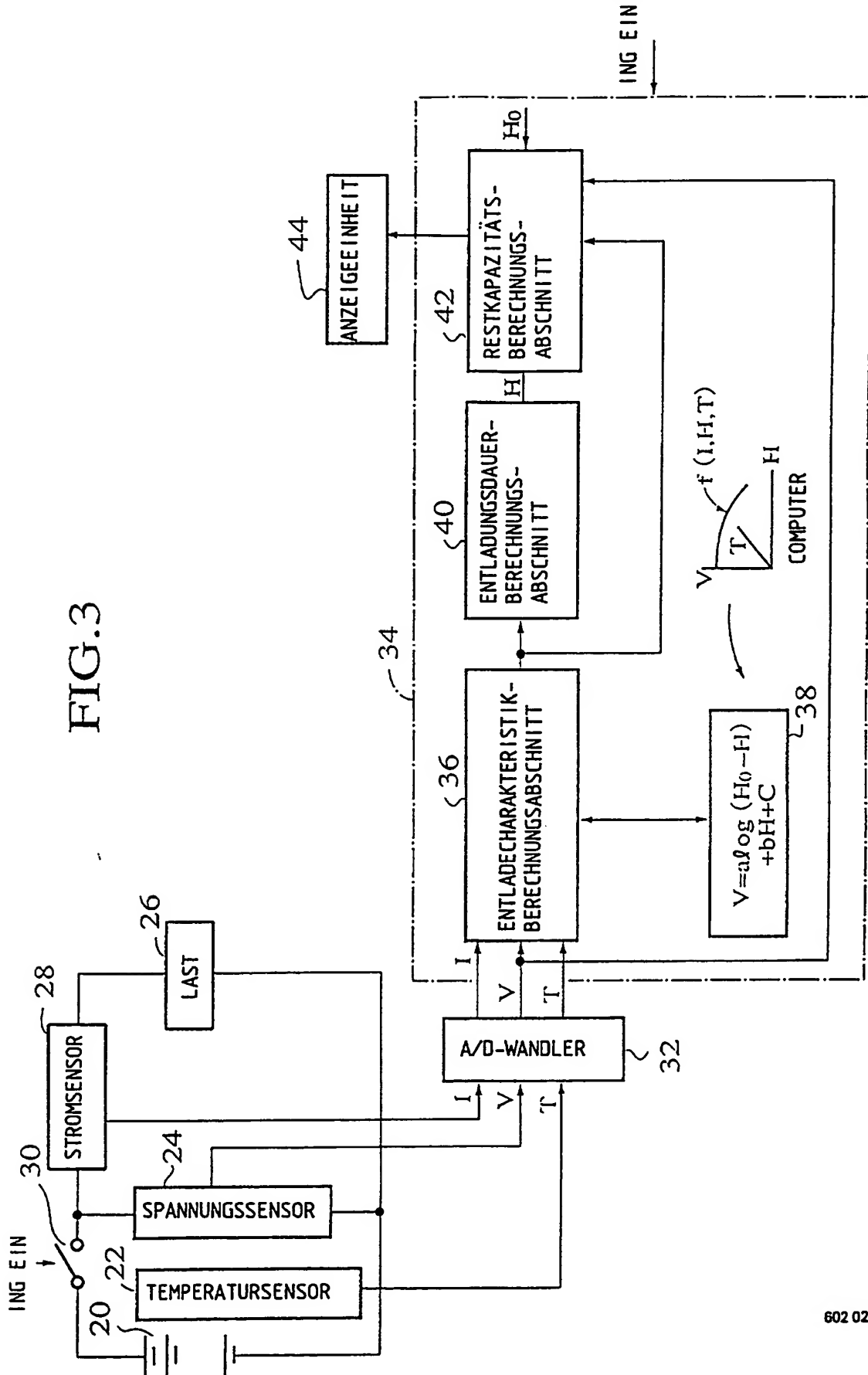


FIG.4A

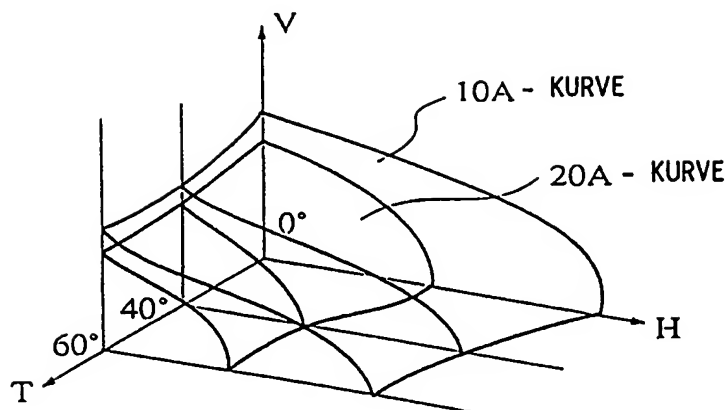


FIG.4B

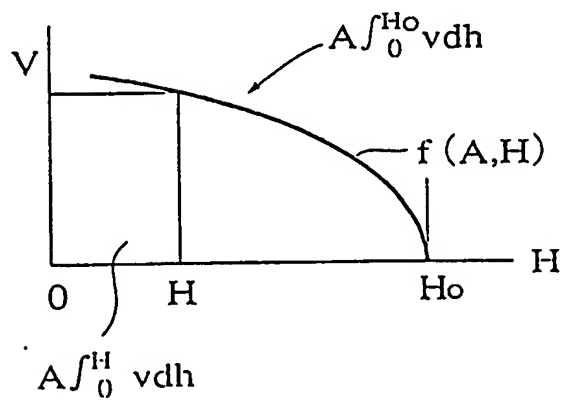


FIG.5

